

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-138645

(43)Date of publication of application : 25.05.1999

(51)Int.Cl.

B29C 67/00
// B29K105:24

(21)Application number : 09-308597

(71)Applicant : NTT DATA CORP
RIKAGAKU KENKYUSHO

(22)Date of filing : 11.11.1997

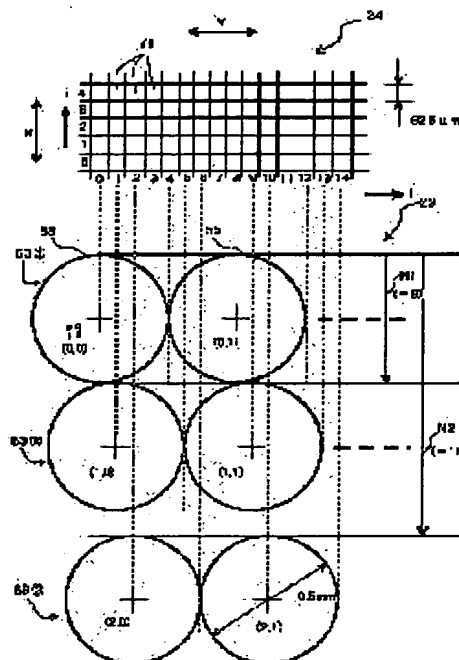
(72)Inventor : ARAI MASATO
SHINNO TOSHIKI
NAKAGAWA TAKEO

(54) METHOD AND APPARATUS FOR OPTICAL MOLDING

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a small-sized optical molding apparatus at low cost.

SOLUTION: An exposure head 23 is formed by preparing a number of blue color LED, connecting an optical fiber to each of them, and disposing a GRIN lens at the distal end of these optical fibers. The exposure head 23 can form images with respect to the image at the distal end face of each optical fiber on the exposure range 24 of photosetting resin as ant optical spot. Although the diameter of the optical spot 55 is 0.5 mm for example, the size of pixels 71 within the exposure region 24 is by far small, e.g. 62.5 μ m. Thus, a number of optical fibers on the exposure head 23 are arranged in a matrix displaced in staggered relation in order for each optical spots 55 to be arranged at a pitch of 62.5 μ m of the pixel 71 in the major scanning direction (Y axis). While scanning the exposure range 24 with the exposure head 23 in the ancillary scanning (X axis) direction, a multiple exposure is conducted by making all optical spots 'ON' capable of lightening the pixels relative to individual pixels 71 to be exposed within the exposure region 24.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 1 1 - 1 3 8 6 4 5

(43) 公開日 平成 1 1 年 (1 9 9 9) 5 月 2 5 日

(51) Int. Cl. ⁶

B29C 67/00

// B29K105:24

識別記号

庁内整理番号

F I

B29C 67/00

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 1 1 O L (全 1 0 頁)

(21) 出願番号 特願平 9 - 3 0 8 5 9 7

(22) 出願日 平成 9 年 (1 9 9 7) 1 1 月 1 1 日

(71) 出願人 0 0 0 1 0 2 7 2 8

株式会社エヌ・ティ・ティ・データ

東京都江東区豊洲三丁目 3 番 3 号

(71) 出願人 0 0 0 0 0 6 7 9 2

理化学研究所

埼玉県和光市広沢 2 番 1 号

(72) 発明者 荒井 真人

東京都江東区豊洲三丁目 3 番 3 号 エヌ・

ティ・ティ・データ通信株式会社内

(72) 発明者 新野 俊樹

埼玉県和光市広沢 2 番 1 号 理化学研究所

内

(74) 代理人 弁理士 上村 輝之

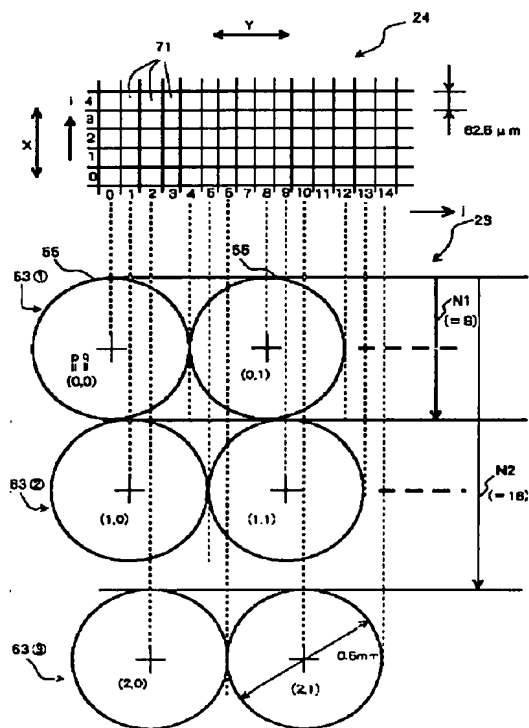
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光造形装置及び方法

(57) 【要約】

【課題】 小型で安価な光造形装置を提供する。

【解決手段】 多数の青色 L E D を用意し、その各々に光ファイバーを接続し、それら光ファイバーの先端の先に G R I N レンズを配置して、露光ヘッド 2 3 を構成する。露光ヘッド 2 3 は、各光ファイバーの先端面の像を光スポット 5 5 として光硬化性樹脂の露光領域 2 4 上に結像することができる。光スポット 5 5 の直径は例えば 0 . 5 m m であるが、露光領域 2 4 内のピクセル 7 1 のサイズは遥かに小さい例えば 6 2 . 5 μ m である。そこで、各光スポット 5 5 が主走査 (Y 軸) 方向にピクセル 7 1 のピッチ 6 2 . 5 μ m で並ぶように、露光ヘッド 2 3 上の多数の光ファイバーを千鳥状に変位したマトリックスに配列する。この露光ヘッド 2 3 で副走査 (X 軸) 方向に露光領域 2 4 を走査しつつ、露光領域 2 4 内の硬化対象の個々のピクセル 7 1 に対し、当該ピクセルに光を当て得る全ての光スポットをオンして多重露光を行う。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光硬化性樹脂の露光領域であって多数のピクセルの 2 次元集合からなる露光領域に、光を照射する露光装置と、

前記露光領域内の選択されたピクセルを硬化するよう、前記露光装置を制御する制御装置とを備え、

前記露光装置は、オンされたときに各ピクセルより大きいサイズの各光スポットを前記露光領域に照射する 1 個以上の光スポット発生器を有し、この光スポット発生器により前記露光領域を走査し、

前記制御装置は、前記光スポット発生器が前記露光領域を走査している間、前記選択されたピクセルに前記光スポットを照射できる位置にある延べ複数個の前記光スポット発生器をオンする光造形装置。

【請求項 2】 前記露光装置は、前記露光領域の主走査方向に前記光スポットの直径より小さい第 1 のピッチで配列された複数個の光スポット発生器を有し、これら複数個の光スポット発生器により前記露光領域を副走査方向に走査する請求項 1 記載の光造形装置。

【請求項 3】 前記第 1 のピッチが、前記ピクセルのピッチに等しい請求項 2 記載の光造形装置。

【請求項 4】 前記露光装置が、2 個以上の光スポット発生器を前記第 1 のピッチより大きい第 2 のピッチで前記主走査方向に 1 列に並べて成る光スポット発生器アレイを 2 本以上有し、それら 2 本以上の光スポット発生器アレイが、相互間に前記主走査方向に沿って前記第 1 のピッチに等しい変位をもって、前記副走査方向に配置されている請求項 2 記載の光造形装置。

【請求項 5】 前記制御装置が、

1) 造形物の断面形状を示すデータを受け、このデータに所定のオフセット量を適用して前記断面形状を膨張させ、

2) 前記光スポット発生器が前記露光領域を走査している間、膨張させた断面形状に含まれる各ピクセルを中心点とした前記光スポットを照射できる位置にある前記光スポット発生器をオンする請求項 1 記載の光造形装置。

【請求項 6】 各光スポット発生器が、光源として固体発光素子を有している請求項 1 記載の光造形装置。

【請求項 7】 前記固体発光素子が L E D である請求項 6 記載の光造形装置。

【請求項 8】 前記光造形装置が前記固体発光素子に接続された光ファイバーをさらに有し、前記光ファイバーの先端部が前記光スポット発生器に含まれている請求項 6 記載の光造形装置。

【請求項 9】 前記光スポット発生器が、前記固体発光素子からの光を受けて前記光スポットを形成する G R I N レンズをさらに有する請求項 6 記載の光造形装置。

【請求項 1 0】 前記 L E D が青色 L E D である請求項 6 記載の光造形装置。

【請求項 1 1】 光硬化性樹脂の露光領域であって多数

のピクセルの 2 次元集合からなる露光領域を、オンしたときに各ピクセルより大きいサイズの光スポットを前記露光領域に照射する 1 個以上の光スポット発生器で走査するステップと、

前記光スポット発生器が前記露光領域を走査している間、前記選択されたピクセルに前記光スポットを照射できる位置にある延べ複数個の前記光スポット発生器をオンするステップとを有する光造形方法。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の技術分野】 本発明は、光硬化性樹脂を用いて 3 次元形状モデルを作成する光造形装置に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】 光造形装置について、例えば特許第 1 8 2 7 0 0 6 号を始めとして数多くの発明が知られている。従来の光造形装置は一般に、紫外線レーザを出力するガスレーザ発振器を光源として用いている。

【 0 0 0 3 】

【発明が解決しようとする課題】 ガスレーザ発振器のサイズはかなり大きく（例えば 1 5 0 c m × 3 0 c m × 3 0 c m）、結果として光造形装置本体のサイズも相当に大型である。加えて、ガスレーザ発振器はそれ自体が高価であり、さらに発振器の種類によっては、2 0 0 V 電源が必要であったり水冷装置（チラー）が必要であったりする。従って、従来の光造形装置の価格は非常に高額である（例えば、数千万円）。

【 0 0 0 4 】 従って、本発明の目的は、小型で安価な光造形装置を提供することにある。

【 0 0 0 5 】

【課題を解決するための手段】 本発明にかかる光造形装置は、光硬化性樹脂の露光領域に光を照射する露光装置と、露光領域内の選択されたピクセルを硬化するよう露光装置を制御する制御装置とを備える。露光領域は、造形物に要求される寸法精度を満たすような細かい多数のピクセルの 2 次元集合として把握することができる。本発明の造形装置における露光装置は、オンされたときに光スポットを露光領域に照射する 1 個以上の光スポット発生器を有しているが、その光スポットのサイズは露光領域のピクセルより大きいものである。そして、露光装置はその光スポット発生器により露光領域を走査し、その走査の間を通じ、制御装置は、選択されたピクセルに光スポットを照射できる位置にある延べ複数個の光スポット発生器をオンする。

【 0 0 0 6 】 本発明の光造形装置では、光スポット発生器から露光領域に照射する光スポットのサイズは、露光領域のピクセル程には微小ではなく、ピクセルより大きいサイズである。また、各ピクセルの露光は、そのピクセルに光スポットを照射することのできる延べ複数個の光スポット発生器を用いて多重に行うので、個々の光スポット発生器の出力は比較的に小さくてもよい。ここ

で、「延べ複数個」の光スポット発生器とは、物理的に異なる複数個の光スポット発生器から複数の光スポットを同時に 1 つのピクセルを照射する場合だけでなく、物理的に 1 個の光スポット発生器を走査の間に複数回用いて異なる時刻に何回も光スポットを照射することも含む意味である。

【 0 0 0 7 】上記のこと故に、光スポット発生器の光源には、従来の大型で高価なガスレーザ発振器を用いる必要がなく、小型で安価な L E D のような固体発光素子を用いることが可能である。結果として、従来より大幅に安価な（例えば、従来の数千万円に対して数百万円程度の）光造形装置が提供できる。

【 0 0 0 8 】露光の効率の面から、光スポット発生器は複数個ある方が望ましい。その場合、上述した多重露光を行えるようにするために、複数の光スポット発生器は露光領域の主走査方向に光スポットの直径より小さい第 1 のピッチ（典型的にはピクセルのピッチ）で配列されていて、それら複数個の光スポット発生器が露光領域を副走査方向に走査するように構成されていることが望ましい。また、主走査方向の全長に亘って、複数の光スポット発生器配列されていれば一層望ましい。

【 0 0 0 9 】上記のように複数の光スポット発生器を小さい第 1 のピッチで配列する場合、2 個以上の光スポット発生器を、光スポットの直径以上の第 2 のピッチで主走査方向に 1 列に並べて成る光スポット発生器アレイを複数本用意して、それらの光スポット発生器アレイを、相互間に主走査方向に沿って上記第 1 のピッチに等しい変位をもって、副走査方向に配置することできる。このような配列方法を採用することにより、第 1 のピッチより光スポット発生器のサイズの方が遥か大きくても、それら大きい光スポット発生器を主走査方向に第 1 のピッチで配列することが可能となる。

【 0 0 1 0 】上記の多重露光を可能とするために、制御装置は露光装置を次のように制御することができ。すなわち、制御装置は、まず、造形物の断面形状を示すデータを受け、このデータに所定のオフセット量を適用して断面形状を膨張させる。次に、光スポット発生器が露光領域を走査している間、制御装置は、膨張させた断面形状に含まれる各ピクセルを中心点とした光スポットをそれぞれ照射できる光スポット発生器をオンする。このオフセット膨張処理を取入れた方法によれば、各光スポット発生器を光スポット中心点のピクセルの値に従ってオン／オフするという単純な光スポット駆動方法を行うだけで、造形物の断面形状の全てのピクセルに対して（特に、形状内部のピクセルだけでなく輪郭近傍のピクセルに対しても）効果的な多重露光を施すことが可能になる。

【 0 0 1 1 】前述したように、各光スポット発生器の光源には、L E D のような固体発光素子を用いることができる。望ましくは、各 L E D に光ファイバーを接続し

て、その光ファイバーの先端部から光スポットを露光面に照射するように構成することができる。更に望ましくは、光ファイバーの先端部の先に G R I N レンズ（Gradient Index Lens；屈折率分布型レンズ）を配置して、光ファイバーの先端部の像を露光領域に結像させるように構成することができる。このように構成すると、光ファイバーの直径（例えば 0. 5 mm）に相当する小さい直径の光スポットを生成することができる。この程度に小さい光スポットを用いれば、光造形の一般的用途で十分に実用可能な寸法精度をもった造形物を作成することができる。それに加え、従来のガスレーザを用いた光造形装置に比較して価格が桁違いに低く、かつ装置も小型化するため、本発明の光造形装置の実際のメリットは非常に大きい。

【 0 0 1 2 】光源としての L E D は、出来るだけエネルギーの高い（つまり、波長の短い）波長光を発するものが望ましく、その観点から青色 L E D を用いる、或いは入手可能ならば紫外線 L E D を用いることが望ましい。

【 0 0 1 3 】尚、光源としての L E D は、露光領域を走査する光スポット発生器（露光ヘッド）と一体化されていて露光ヘッドと一緒に移動するようになっていてもよいし、後述の実施形態のように露光ヘッドから離れた場所に固定されていて、光ファイバーで露光ヘッドと繋がっている構成であってもよい。

【 0 0 1 4 】本発明はまた、光造形方法も提供する。この方法では、光硬化性樹脂の露光領域を、そのピクセルより大きいサイズの光スポットを発生し得る 1 個以上の光スポット発生器で走査しながら、選択されたピクセルに光スポットを照射できる延べ複数個の光スポット発生器をオンする（つまり、多重露光を行う）。この方法により、例えば上述した L E D と光ファイバの組合せのように、ピクセルより大きい光スポットしか発生できず且つ光スポットの出力も小さいが、反面小型で非常に安価である光スポット発生器を用いて、実用的な光造形を行うことができる。

【 0 0 1 5 】

【発明の実施の形態】図 1 は、本発明の一実施形態にかかる光造形装置の全体構成を示す。

【 0 0 1 6 】この造形装置 1 0 0 は、光造形に必要な機械機構や光源やそれらの駆動装置を含んだ装置本体 1 と、この本体 1 の動作を制御するための制御コンピュータ 3 とを有する。制御コンピュータ 3 は、Ethernet のような通信ネットワーク 9 を介して、3 次元 CAD システム 5 や、制御データ生成用ワークステーション 7 などと接続することができる。3 次元 CAD システム 5 は、造形物の 3 次元モデリングを行って造形物の 3 次元形状データを生成するものである。制御データ生成用ワークステーション 7 は、その 3 次元形状データを多数の薄い層にスライスして各層の 2 次元形状を生成し、その各層の 2 次元形状データや厚みデータなどを制御コンピュータ 3 に

供給するものである。

【 0 0 1 7 】 装置本体 1 内には、樹脂液槽 1 1 が設置され、そこに光硬化性樹脂液 1 3 が所定液位まで満たされている。液位を制御するために、液面検知センサ 3 1 が液位を検知し、その検知信号に基づいて制御コンピュータ 3 が液面調整駆動装置 3 5 を制御し、その制御に従って液面調整駆動装置 3 5 が液面調整ボリューム 3 を機能させる。

【 0 0 1 8 】 樹脂液槽 1 1 内には Z 軸エレベータ 1 5 があり、このエレベータ 1 5 上にトレイ 1 9 が置かれる。エレベータ 1 5 は、制御コンピュータ 3 によって制御される Z 軸エレベータ駆動装置 2 1 によって Z 軸方向（上下方向）に移動させることができる。周知のように、造形中、トレイ 1 9 上に造形物 1 7 が形成されて行くのにつれて、エレベータ 1 5 は徐々に降下していく。

【 0 0 1 9 】 トレイ 1 9 の上方の液面上には、液面に硬化用の光を照射する露光ヘッド 2 3 が配置されている。図 2 の斜視図に示すように、露光ヘッド 2 3 は、Y 軸方向に長く、かつ、制御コンピュータ 3 により制御されるスキャン軸駆動装置 2 5 によって X 軸方向に移動させることができる。露光ヘッド 2 3 が移動しながらカバーする露光領域 2 4 は、この実施形態では X 軸方向 6 4 mm 及び Y 軸方向 6 4 mm であり、よって、作成可能な造形物 1 7 の最大の平面サイズは 6 4 mm × 6 4 mm である（但し、後述するオフセット量の適用による膨張のために、実際に作成される造形物 1 7 の最大平面サイズは約 6 0 mm × 6 0 mm である）。露光ヘッド 2 3 は、光ファイバー束 3 9 を介して、LED 光源 3 7 に接続されている。この部分の詳細な構成は後に説明する。

【 0 0 2 0 】 造形物 1 7 の露光面（液面）に接して、その露光面（液面）を平らにするための Y 軸方向に長いリコータ 2 7 が配置されている。リコータ 2 7 は、制御コンピュータ 3 により制御されるリコータ駆動装置 2 9 によって、X 軸方向に移動させることができる。

【 0 0 2 1 】 樹脂液 1 3 の温度を制御するために、複数箇所で温度センサ 4 1、4 3 が樹脂液 1 3 の温度を検出し、その検出温度に基づいて制御コンピュータ 3 が、温度調節器 4 5 を制御し、その制御に従って温度調節器 4 5 がヒータ 4 7 を駆動する。

【 0 0 2 2 】 以上の構成の中で、特に注目すべきものは、光源部分（露光ヘッド 2 3、光ファイバー束 3 9 及び LED 光源 3 7）の構造と、その光源部分の制御コンピュータ 3 による制御である。以下、この点に関して詳細に説明する。

【 0 0 2 3 】 3 次元 CAD システム 5 で作成された 3 次元形状モデルは、Z 軸方向に例えば 0. 1 mm の幅でスライスされる。スライスされた各層のデータは XY 平面における 2 次元形状データであり、これが光造形装置 1 0 0 の制御コンピュータ 3 に供給される。制御コンピュータ 3 は、まず、各層の 2 次元形状データを 1 0 2 4 ビ

ット × 1 0 2 4 ビットのビットマップデータに展開する。このビットマップデータは、XY 平面上の上述した露光領域 2 4（6 4 mm × 6 4 mm）のイメージを示している。換言すれば、このビットマップデータは、露光領域 2 4 の 6 4 mm × 6 4 mm のイメージを、1 0 2 4 ピクセル × 1 0 2 4 ピクセルのラスティメージとして表現している。従って、このビットマップデータの各 1 ビットは、露光領域 2 4 内の 6 2. 5 μ m × 6 2. 5 μ m の各ピクセルに対応し、各ビットの値“1”及び“0”は、各ピクセルにて樹脂を硬化する（光源をオンする）、及び硬化しない（光源をオフする）をそれぞれ意味する。

【 0 0 2 4 】 LED 光源 3 7 には、露光領域 2 4 の Y 軸方向の一ラインのピクセル数に相当する 1 0 2 4 個の LED が含まれている。それら 1 0 2 4 個の LED は制御コンピュータ 3 からの指令で個別にオン／オフできるようになっている。図 3 は個々の LED の構成を示している。図 3 に示すように、各 LED 5 1 は、市販の LED ランプ 5 3 の頭部のレンズ部分 5 4 をカットしたものであり、これに光ファイバー 5 5 が接続されており、実質的に出力光の全部が光ファイバー 5 5 に入射するように構成されている。各 LED 5 3 は、できるだけ紫外線に近い短波長の高エネルギー光を発するものが好ましく、この実施形態では、青色光（波長 4 7 0 nm、出力 3 mW）を発するものを用いている。

【 0 0 2 5 】 LED 光源 3 7 内の 1 0 2 4 個の LED 5 1 に接続された 1 0 2 4 本の光ファイバー 5 5 は、図 1 に示した光ファイバー束 3 9 として、露光ヘッド 2 3 へ導かれている。露光ヘッド 2 3 では、1 0 2 4 本の光ファイバー 5 5 の先端部が、図 4 を参照して後に説明するような態様で配列されており、その下方に、多数の円柱状の GRIN レンズ（屈折率分布型レンズ）を平面状に敷き並べた図 3 に示すような GRIN レンズ・プレート 5 7 が配置されている。この GRIN レンズ・プレート 5 7 は、個々の光ファイバー 5 5 の先端面の像（つまり、光ファイバー 5 5 と同径の光スポット）5 9 を、その下方の樹脂液面に結像する。各光ファイバー 5 5 の直径は例えば 0. 5 mm であり、よって、GRIN レンズ 5 7 により結像される各光スポット 5 9 の直径も 0. 5 mm である。

【 0 0 2 6 】 図 4 は、露光ヘッド 2 3 における光ファイバー 5 5 の先端部の平面配列の一態様を示す。

【 0 0 2 7 】 1 0 2 4 本の光ファイバー 5 5 の各々は、露光領域 2 4 の Y 軸に沿った 1 0 2 4 個の各ピクセル位置を露光するためのものである。従って、露光ヘッド 2 3 における 1 0 2 4 本の光ファイバー 5 5 の先端部は、露光領域 2 4 のピクセルのピッチに等しい 6 2. 5 μ m のピッチで Y 軸に沿って配列される必要がある。しかし、各光ファイバー 5 5 の直径はピクセルピッチ 6 2. 5 μ m より遥かに大きい 0. 5 mm であるため、このピ

ッチで一列に光ファイバー 5 5 を配列することは不可能である。

【 0 0 2 8 】そこで、図 4 に示すような 1 2 8 本× 8 行のファイバー配列を採用する。すなわち、1 2 8 本の光ファイバー 5 5 をその直径に等しい 0 . 5 mm ピッチで Y 軸方向に一直線に並べて、長さ 6 4 mm の 1 本の光ファイバーアレイ 6 3 ①を作成する。同様に、全部で 8 本の光ファイバーアレイ 6 3 ①～ 6 3 ⑧を用意する。各光ファイバーアレイ 6 3 ①～ 6 3 ⑧は、具体的には、長さ 6 4 mm の溝をもったベース 6 5 の溝に 1 2 8 本の光ファイバー 5 5 をはめ込むことにより作成することができる。これらの 8 本の光ファイバーアレイ 6 3 ①～ 6 3 ⑧を、それぞれ Y 軸方向に平行に、かつ、相互間で Y 軸方向にピクセルピッチに等しい 6 2 . 5 μm だけ変位するようにして、X 軸方向に適当な間隔で配置する（よって、露光ヘッド 2 3 の外観は、図 2 に示すように、8 本のベース 6 5 が並んだものとなる）。

【 0 0 2 9 】図 4 に示すように 8 本の光ファイバーアレイ 6 3 ①～ 6 3 ⑧が並んだ露光ヘッド 2 3 を X 軸方向に走査させていくことにより、その 1 0 2 4 個の光ファイバー 5 5 は、露光領域 2 4 の Y 軸に沿った 1 0 2 4 個のピクセルの位置をそれぞれ走査することになる。例えば、その 1 0 2 4 個のピクセルに対し端から 0 番、1 番、…、1 0 2 3 番と番号を付けたとすると、図 4 に示す 1 行目のアレイ 6 3 ①の光ファイバー 5 5 は、0 番、8 番、1 6 番、…というように、0 番のピクセルから 8 ピクセルピッチ置ききの 1 2 8 個のピクセルの位置を走査することになり、2 行目のアレイ 6 3 ②の光ファイバー 5 5 は、1 番、9 番、1 7 番、…というように、1 番のピクセルから 8 ピクセルピッチ置ききの 1 2 8 個のピクセルの位置を走査することになる。

【 0 0 3 0 】尚、図 4 に示したファイバー配列は一例であり、別の配列、例えば図 5 に示すような配列も採用可能である。図 5 の配列では、1 行目のアレイ 6 3 ①の隣に、図 4 の配列における 5 行目のアレイ 6 3 ⑤が配置されるというように、アレイ間の Y 方向の変位がファイバー半径である 0 . 2 5 mm に等しい 2 つのアレイ同士が隣接して配置される。この配置では、隣接するアレイの X 方向の間隔を最小にできるので、露光ヘッド 2 3 の X 軸方向のサイズが最小になる。

【 0 0 3 1 】図 6 は、1 つの光ファイバー 5 5 から樹脂液面に投影された 1 つの光スポット 5 9 と、その樹脂液面ピクセル 7 1 との関係を示している。

【 0 0 3 2 】既に説明した通り、GRIN レンズ・プレート 5 7 によって樹脂液面に投影された各光スポット 5 9 の直径は、各光ファイバー 5 5 の直径と同じ 0 . 5 mm である。これに対し、個々のピクセル 7 1 のサイズは 6 2 . 5 μm × 6 2 . 5 μm である。そのため、光スポット 5 9 は、その中心点に位置するピクセル 7 3 （図 4 を参照したファイバー配列の説明で「各光ファイバー 5 5 が

走査するピクセル」と説明したピクセル）だけでなく、その周囲の多くのピクセルにも照射されることになる。これを別の側面から見ると、1 つのピクセル 7 3 には、このピクセル 7 3 を中心とする直径 0 . 5 mm の範囲内に中心点をもつ多数の光スポットが照射されることがわかる。本実施形態では、このことを利用して、1 つのピクセルを多数の光スポットで多重に露光することにより、光源である LED の出力光を最大限に利用するようにしている。

10 【 0 0 3 3 】図 7 は、この多重露光の原理を示す。図 7 に示すように、或るピクセルを 7 3 を硬化させる場合、このピクセル 7 3 を中心とする直径 0 . 5 mm の範囲内の全てのピクセル（図中「+」印で示したピクセル）位置に中心点をもつ全ての光スポットを点灯させるようにする。この多重露光は、図 4 や図 5 に例示したようなピクセルピッチで並ぶ光ファイバーアレイを使用することと、後に説明する造形物の形状に対するオフセット量の適用とによって実現される。

20 【 0 0 3 4 】図 8 は、上述した構成の光源を駆動するための制御処理の流れを示す。

【 0 0 3 5 】既に説明したように、まず、3 次元 CAD システム 5 が、造形物の 3 次元形状データをモデリングする（ステップ S 1）。次に、ワークステーション 7 が、Z 軸方向に所定ピッチで 3 次元形状をスライスして、スライスした各層の 2 次元形状データを作成し、これを造形装置 1 0 0 の制御コンピュータ 3 に送る（S 2）。

30 【 0 0 3 6 】次に、制御コンピュータ 3 が、各層の 2 次元形状データに所定のオフセット量を適用して、その 2 次元形状をオフセット量だけ膨張させる（S 3）。例えば、図 8 に示すように、元の 2 次元形状が円 8 1 であった場合、その半径にオフセット量 8 3 を加えて、より大径の円 8 5 に膨張させる。また、図示していないが、元の 2 次元形状が例えば輪であった場合、その外径はオフセット量だけ拡大させるが、内径はオフセット量だけ縮小させる。要するに、輪郭をオフセット量だけ外方へずらすのである。

40 【 0 0 3 7 】このオフセット膨張処理を行う理由は次の通りである。すなわち、後述するように各 LED 5 1 のオン／オフは各光スポット 5 9 の中心点のピクセル値によって決められる。そのため、ワークステーション 7 からの 2 次元形状データをそのまま用いて LED 5 1 のオン／オフを行うと、2 次元形状の輪郭（端）近傍のピクセルを露光する光スポット数が少なくなり（何故なら、輪郭線の外側のピクセルを中心点とする光スポットはオフであるから）、上述した多重露光の効果が十分に得られなくなる。そこで、2 次元形状の輪郭線上のピクセルに対しても、そのピクセルを中心とする直径 0 . 5 mm の範囲内のピクセルを中心点とする全ての光スポットがオンされるように、オフセット量を適用して輪郭線を外

側へ移動させるのである。従って、オフセット量は、光スポットの半径である 0. 2 5 mm が標準である。しかし、最適なオフセット量は、樹脂の硬化特性や光スポットの点灯時間の調整などに依存するため、マイナス値を含めて任意のオフセット量が設定できるようになっていることが好ましい。

【0 0 3 8】上記処理により膨張させた 2 次元形状データはコンタ・データと呼ばれる。制御コンピュータ 3 は、次に、このコンタ・データを 1 0 2 4 ビット×1 0 2 4 ビットのビットマップイメージ 8 7 に展開する。ビットマップイメージ 8 7 の各ビット値は例えば“1”が L E D オン（ピクセルを硬化する）、“0”が L E D オフ（ピクセルを硬化しない）を意味する（勿論、逆でもよい）。

【0 0 3 9】次に、制御コンピュータ 3 は、露光ヘッド 2 3 の走査を開始し、走査が行われている間、ビットマップイメージ 8 7 からビット値を読み出し発光パターンを作成し、これに基づいて L E D 光源 3 7 を駆動する（S 5）。

【0 0 4 0】発光パターンは次の方法で作成する。前提として、光ファイバ 5 5 が図 4 に示した 1 2 8 本×8 行の配列になっているとする。また、図 9 に示すように、各光ファイバ 5 5 を、露光ヘッド 2 3 上での座標（p, q）で識別することにする。ここに、番号 p（p = 0 ~ 7）は各光ファイバアレイ 6 3 ① ~ 6 3 ⑧ の行番号（p = 0 ~ 7）であり、番号 q（q = 0 ~ 1 0 2 3）は各光ファイバアレイ内での各光ファイバ 5 5 の位置番号である。また、露光ヘッド 2 3 上での各光ファイバアレイ 6 3 ① ~ 6 3 ⑧ の X 軸方向（走査方向）位置を、1 行目の光ファイバアレイ 6 3 ① と各光ファイバアレイ 6 3 ① ~ 6 3 ⑧ との間をピクセルピッチ 6 2. 5 μm で割った倍数値 N p で表すこととする。例えば、1 行目のアレイ 6 3 ①（p = 0）については N 0 = 0 であり、2 行目のアレイ 6 3 ②（p = 1）については N 1 = 8（つまり、1 行目アレイとの間隔は 0. 5 mm）、3 行目のアレイ 6 3 ③（p = 2）については N 2 = 1 8（つまり、2 行目アレイとの間隔は 0. 6 2 5 mm）、などとなっている。また、各ピクセル 7 1 を、露光領域 2 4（ビットマップイメージ 8 7）内の座標（i, j）で識別することとする。ここに、番号 i, j はそれぞれビットマップイメージ 8 7 内の行番号（X 座標）及び列番号（Y 座標）である。更に、露光ヘッド 2 3 の走査は 1 ピクセルピッチ 6 2. 5 μm づつ X 軸方向に移動して行く方法により行われ、走査中の時刻 t は、走査開始時点で t = 0、以後、m ピクセルピッチだけ移動した時点で t = m と表すこととする。

【0 0 4 1】以上の前提の下で、制御コンピュータ 3 は、走査中の個々の時刻 t において、座標（p, q）の光ファイバ 5 5 に接続された L E D 5 1 を、下式 $i = t - N p$

$$j = p + 8 \times q$$

で決定される座標（i, j）のピクセル値に基づいてオン／オフする（但し、i がマイナス値又は 1 0 2 4 以上のときは L E D 5 1 はオフである）。

【0 0 4 2】例えば、走査開始時刻 t = 0 では、1 行目の光ファイバアレイ 6 3 ①（p = 0, N p = 0）が露光開始位置に位置している。このとき、この 1 行目の光ファイバアレイ 6 3 ① に対してのみ発光パターンが与えられる（2 行目以降のアレイについては i がマイナスである）。即ち、この 1 行目の位置番号 q = 0, 1, 2, …, 1 2 7 の各光ファイバ 5 5 の L E D 5 1 に対し、上記式で決定した座標（0, 0）、（0, 8）、（0, 1 6）、…、（0, 1 0 1 6）のピクセル値の発光パターンが与えられる。

【0 0 4 3】以後、t = 1, 2, …, 7 の各時点では、1 行目アレイ 6 3 ① に対してのみ、上記式で決定した発光パターンが与えられる。

【0 0 4 4】開始から 8 ピクセルピッチだけ移動した t = 8 の時点で、2 行目の光ファイバアレイ 6 3 ②（p = 1, N p = 8）が露光開始位置に来る。この時点から、1 行目アレイ 6 3 ① と 2 行目アレイ 6 3 ② とに対して発光パターンが与えられる（3 行目以降のアレイについては i がマイナスである）。即ち、1 行目の位置番号 q = 0, 1, 2, …, 1 2 7 の各 L E D 5 1 に対し、上記式で決定した座標（8, 0）、（8, 8）、（8, 1 6）、…、（8, 1 0 1 6）のピクセル値の発光パターンが、また、2 行目の位置番号 q = 0, 1, 2, …, 1 2 7 の各 L E D 5 1 に対し、上記式で決定した座標（0, 1）、（0, 9）、（0, 1 7）、…、（0, 1 0 1 7）のピクセル値の発光パターンが与えられる。

【0 0 4 5】以後、t = 9, 1 0, …, 1 7 の各時点では、1 行目と 2 行目のアレイ 6 3 ①、6 3 ② に対してのみ、上記式で決定した発光パターンが与えられる。

【0 0 4 6】開始から 1 8 ピクセルピッチだけ移動した t = 1 8 の時点で、3 行目の光ファイバアレイ 6 3 ③（p = 2, N p = 1 8）が露光開始位置に来る。この時点から、1 行目アレイ 6 3 ① と 2 行目アレイ 6 3 ② と 3 行目のアレイ 6 3 ③ とに対して発光パターンが与えられる（4 行目以降のアレイについては i がマイナスである）。この発光パターンも、上記の式に従って決定される。

【0 0 4 7】以下、同様にして、1 ピクセルピッチだけ露光ヘッド 2 3 が進む度に、上記式により発光パターンが計算されて該当の L E D 5 1 が駆動される。そして、8 行目の光ファイバアレイ 6 3 ⑧ について上記式で計算した i が 1 0 2 3 になるまで（又は、ピクセル値“1”が存在する i の最大値になるまで）、上記制御動作が繰り返され、これで 1 つの層の露光が終了する。

【0 0 4 8】一つの層の露光が終了すると、制御コンピュータ 3 は、エレベータ 1 5 を層の厚み分だけ降下さ

せ、次の層について、再び同様の制御方法で露光を行う。これを造形物の上端の層まで繰り返す。

【0049】図10は、本実施形態で使用可能なLED光源37の別の構成例を示す。

【0050】この構成では、図3に示したようなLEDランプは用いずに、半導体基板（又は適当材料の絶縁基板）91上に例えばマトリックス状に、多数の固体発光素子、典型的にはLEDチップ92を形成（又はマウント）したものを用いる。そして、各LED素子92の直上に、各光ファイバー93の一端が、各LED素子92に極めて近接又は接触した状態で、配置されている。各光ファイバー93の先端は露光ヘッド23に導かれる。この構成によれば、図3のランプを用いる構成より一層効率良く、LED素子92の発光を光ファイバー93に取り込むことができる。

【0051】以上、本発明の好適な一実施形態を説明したが、この実施形態は本発明の説明のための例示であって、本発明をこの実施形態のみに限定する趣旨ではない。本発明は、それ以外の種々の形態でも実施することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態にかかる光造形装置の全体構成を示すブロック図。

【図2】露光ヘッド23の外観を示す斜視図。

【図3】個々のLEDの構成を示す側面図。

【図4】露光ヘッド23における光ファイバー55の配列例を示す平面図。

【図5】露光ヘッド23における光ファイバー55の別の配列例を示す平面図。

【図6】1つの光ファイバー55から樹脂液面に投影された1つの光スポット59と、露光領域のピクセル71

との関係を示す平面図。

【図7】多重露光の原理を示す平面図。

【図8】制御コンピュータ3の処理を示すフローチャート。

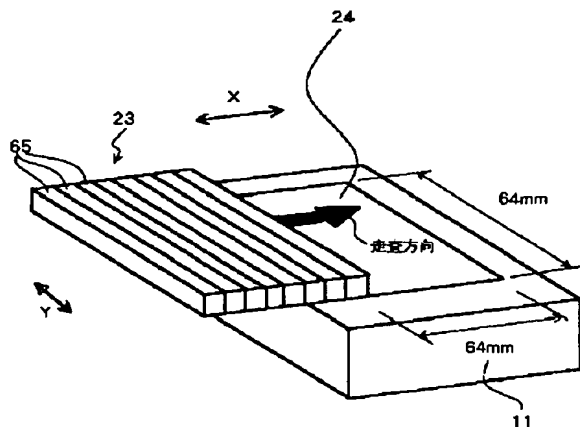
【図9】発光パターンを生成する方法を説明するために、配列された光ファイバーの座標とピクセルの座標を示した平面図。

【図10】LED光源の別の項整理を示す斜視図。

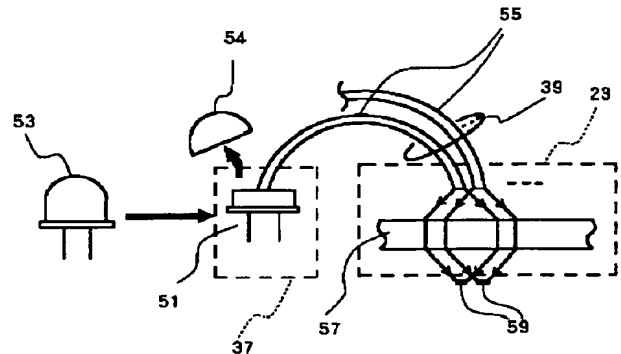
【符号の説明】

- | | | |
|----|-----------|------------------------|
| 10 | 100 | 光造形装置 |
| 1 | 1 | 造形装置本体 |
| 3 | 3 | 制御コンピュータ |
| 23 | 23 | 露光ヘッド |
| 24 | 24 | 露光領域 |
| 37 | 37 | LED光源 |
| 39 | 39 | 光ファイバー束 |
| 51 | 51 | LEDランプから頭部を除去したもの |
| 55 | 55 | 光ファイバー |
| 57 | 57 | GRINレンズ・プレート |
| 59 | 59 | 光スポット |
| 63 | 63 ㉑～63 ㉒ | 光ファイバーアレイ |
| 65 | 65 | ベース |
| 71 | 71 | ピクセル |
| 73 | 73 | 光スポット中心点のピクセル |
| 81 | 81 | 2次元形状データ |
| 83 | 83 | オフセット量 |
| 85 | 85 | コンタ・データ（膨張させた2次元形状データ） |
| 91 | 91 | 基板 |
| 92 | 92 | LEDチップ |
| 93 | 93 | 光ファイバー |

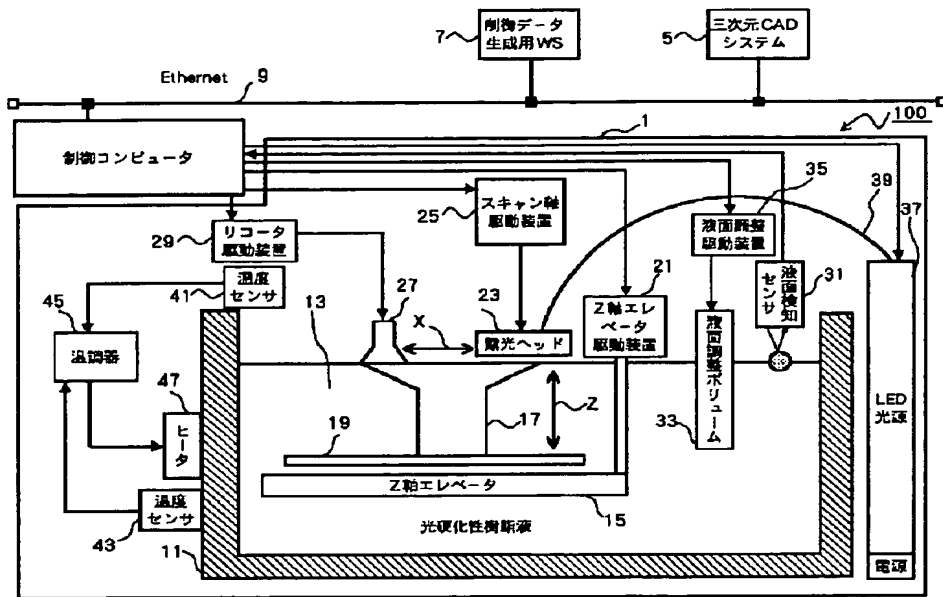
【図2】



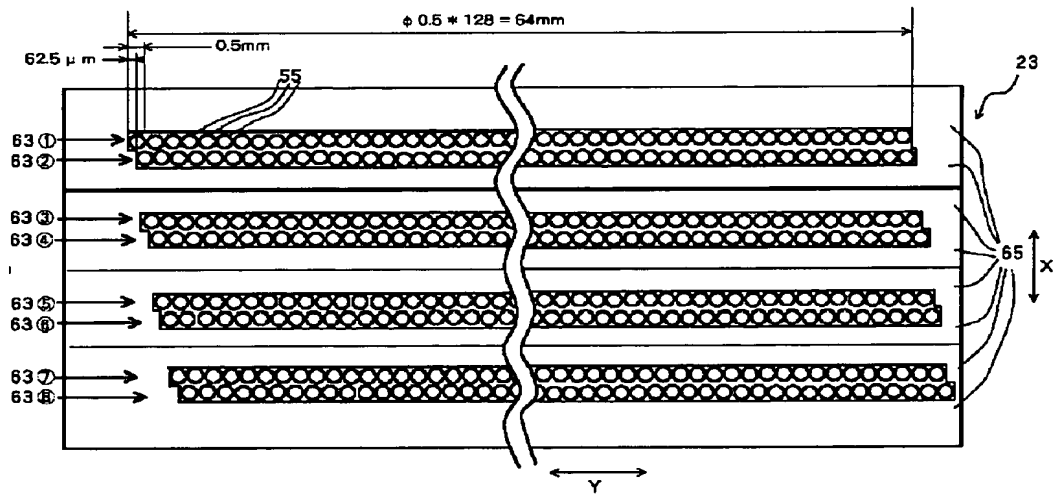
【図3】



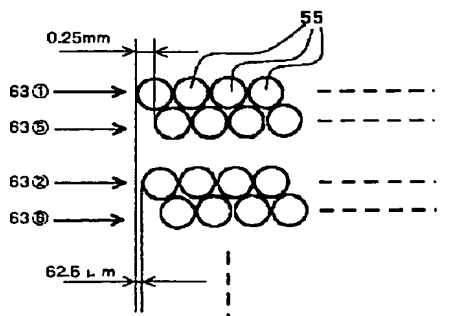
【図 1】



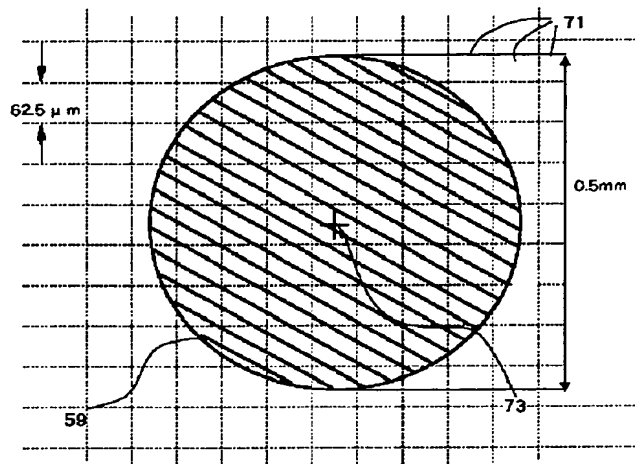
【図 4】



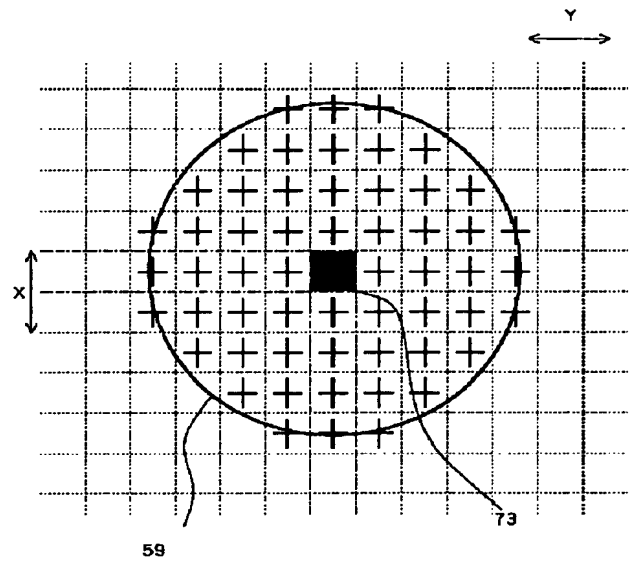
【図 5】



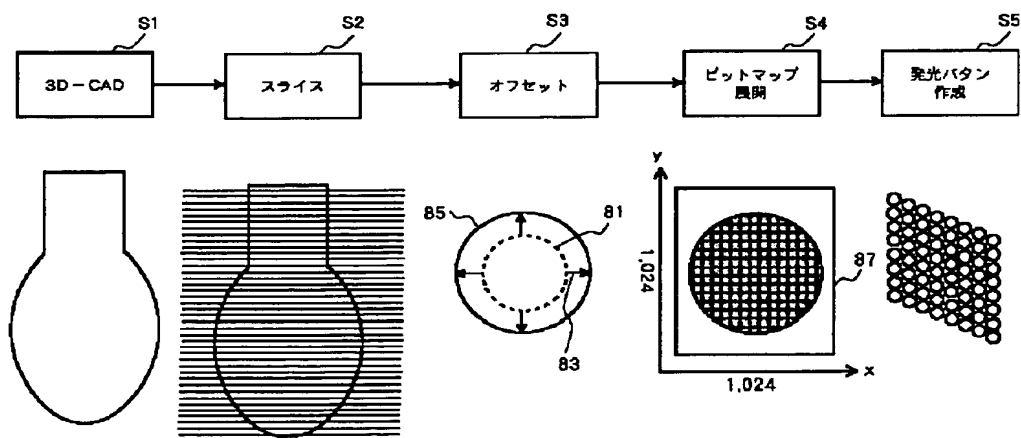
【図 6】



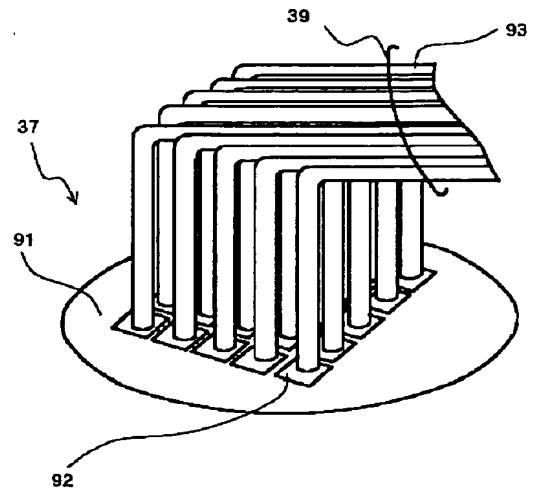
【図 7】



【図 8】



【図 10】



(72)発明者 中川 威雄
埼玉県和光市広沢2番1号 理化学研究所
内